

Aus der Anatomischen Anstalt der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

Über die Faserzahl und die Faserdicke in den Wurzeln des zweiten Thorakalnerven beim Menschen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Schi-Hjau Hjiang

von An-Hwei, China



Basel 1950

Verlag von S. Karger in Basel

Von der Medizinischen Fakultät genehmigt auf Antrag von
Professor Dr. E. Ludwig.

Tag der Promotion: Basel, den 5. Juli 1950.



Aus dem Anatomischen Institut der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

ÜBER DIE FASERZAHL UND DIE FASERDICKE IN DEN WURZELN DES ZWEITEN THORAKALNERVEN BEIM MENSCHEN¹⁾

von SCHI-HJAU HJIANG

¹⁾ Mit Unterstützung der Roche-Studien-Stiftung Basel.

ÜBER DIE FASERZAHL UND DIE FASERDICKE IN DEN WURZELN DES ZWEITEN THORAKALNERVEN BEIM MENSCHEN¹⁾

von SCHI-HJAU HJIANG

I. Einleitung

In den letzten Jahren wurden namentlich von schwedischen Autoren Arbeiten veröffentlicht, die sich mit der Zahl und mit der Dicke der Fasern in den Wurzeln der Spinalnerven und in Hirnnerven befassen. Diese Arbeiten sind deshalb verdienstvoll, weil seit langem vermutet wird, daß zwischen der Dicke der Nervenfasern und ihren physiologischen Eigenschaften, z. B. ihrer Leitungsgeschwindigkeit, Beziehungen bestehen. Diese Beziehungen scheinen uns freilich nach den Angaben, die wir in der Elektrophysiologie von *Schäfer* (1942) und bei *Rexed* (1944) finden konnten, noch nicht in allen Punkten abgeklärt zu sein.

Wir verzichten darauf, physiologische Fragen näher zu berühren und erblicken unsere Aufgabe lediglich darin, einen Beitrag grundsätzlicher Art an die Lösung des anatomischen Problems zu liefern. In diesem Sinne haben wir es unternommen, sowohl die Zahl als auch die Faserdicke in den beiden Wurzeln eines Spinalnerven genau festzustellen und die gewonnenen Zahlen und Maße statistisch einläßlich zu verarbeiten, was bis jetzt unseres Wissens noch nicht geschehen ist. Insbesondere soll die Methodik zur Diskussion gestellt werden. Sobald einmal ein bestimmtes Verfahren in jedem seiner einzelnen Schritte als zweckmäßig und ausreichend anerkannt sein wird, dürfte es sich verhältnismäßig leicht und namentlich mit Aussicht auf endgültige Resultate auf die Gesamtheit der Spinal- und Hirnnerven anwenden lassen.

¹⁾ Mit Unterstützung der Roche-Studien-Stiftung Basel.

Historisches.

Bidder und *Vollmann* (1842) fanden in den ventralen Wurzeln beim Menschen Nervenfasern von verschiedener Dicke, einerseits von 4,1 bis 5 μ , anderseits von 12,4 bis 27,1 μ Durchmesser. Die Fasern der hinteren Wurzeln sollen viel feiner sein, als die der vorderen.

Emmert (1836) und *Rosenthal* (1845) waren ebenfalls der Ansicht, daß die dicken Fasern in den vorderen Wurzeln dicker als in den hinteren sind, und daß die hinteren mehr feine Fasern enthalten als die vorderen.

Koelliker (1850) fand in den Vorderwurzeln eine Anzahl feiner Fasern (5,6 bis 6,7 μ) die er für sympathisch hielt. Ferner fand er ein Verhältnis von 3:1 zwischen den groben und den feinen Fasern in den ventralen Wurzeln. In den hinteren Wurzeln stellte er Faserdicken von 2 bis 18 μ fest; ein Drittel der Gesamtfaserzahl hatte einen Durchmesser von 2 bis 7 μ , zwei Drittel einen solchen von 9 bis 18 μ .

Reißner (1862) berichtet, daß die Anzahl der feinen und groben Fasern in den vorderen Wurzeln der Hals- und Lumbalsegmente ungefähr gleich groß sei, während in den Thorakalwurzeln die Anzahl der feinen Fasern weit überwiege. In diesen sind die feinen Fasern zu Bündeln zusammengefaßt, in den übrigen liegen sie zwischen den groben zerstreut. In den hinteren Wurzeln soll die Hälfte der Fasern einen Durchmesser von weniger als 6 μ haben, sie enthalten aber ebenso grobe Fasern wie die vorderen.

Nach *Schwalbe* (1882) ist das Kaliber einer Nervenfaser direkt proportional ihrer Länge. Damit wird eine Frage angeschnitten, die wir absichtlich außerhalb der Diskussion lassen. Was *Schwalbes* Messungen betrifft, so fand er an menschlichem Material, daß die meisten Fasern der hinteren Wurzeln von Thorakalnerven ein Kaliber von etwa 8,1 bis 9 μ aufweisen. Dieselben Wurzeln enthalten aber auch eine große Menge feiner Fasern bis zu einem Durchmesser von 1,8 μ herunter.

Siemerling (1889) untersuchte sämtliche Spinalnervenzwurzeln beim Menschen. In den ventralen Wurzeln fand er folgende Proportionen zwischen den groben und den feinen Fasern: zervikal 5:1, thorakal 1:3, lumbal 6:1, sakral 4:1. In den hinteren Wurzeln stellte er zwei Maxima fest, das eine bei etwa 2,3 bis 8 μ , das andere bei etwa 13,3 bis 23,9 μ . Das Zahlenverhältnis zwischen groben und feinen Fasern schwankt; der Quotient ist am größten für die zervikalen und die lumbalen, am kleinsten für die thorazischen Hinterwurzeln.

Nach *Ken Kuré* (1931) sollen die extrapyramidalen Fasern dünne Markscheiden aufweisen. Die spinal-parasympathischen (efferenten) Fasern in den hinteren Wurzeln umfassen ein Drittel bis die Hälfte der Gesamtzahl. In der dorsalen Wurzel von Th 2 fand der Autor bei einem Individuum „S“ 5775 Fasern. Einen Durchmesser von weniger als 3 μ wiesen 3176 Fasern auf (55 %), von 3 bis 5 μ 416 (7,2 %, über 5 μ 2183 (37,8 %).

Nils Arnell (1933) hat in der ventralen Wurzel des zweiten Thorakalnerven eines Menschen 6871, in der dorsalen 14 471 Fasern gezählt.

Ake Swensson (1938) berichtet, daß die feinen Fasern in den Thorakalsegmenten am reichlichsten vorhanden sind; in den ventralen Wurzeln umfassen sie 70 bis 88 % der Gesamtzahl, in der dorsalen 70 bis 80 %. Auf die Arbeit dieses Autors werden wir noch zurückkommen müssen.

Gösta Häggqvist (1948) untersuchte die vorderen Thorakalwurzeln eines Pferdes. Er fand drei Maxima der Faserdicke und zwar in den Gruppen von 2 bis

3 μ , 5 bis 6 μ und 13 bis 14 μ . Das erste Maximum gehört nach *Häggqvist* zum Sympathikus und umfaßt etwa 42% der Gesamtzahl. Das zweite Maximum ist durch die feinen myorhabdotischen Fasern bedingt (etwa 34%), und das dritte durch die groben myorhabdotischen Fasern (etwa 24%).

De Regt (1949) zählte die Fasern einerseits in den Wurzeln, andererseits im dorsalen und im ventralen Ast sowie im Ramus communicans des 9. Thorakalnerven von *Equus caballus*. In der ventralen Wurzel fand er 7 200 Fasern, in der dorsalen 10 000, im Ramus dorsalis 1 730 und im Ramus ventralis 16 800 Fasern; von den zuletzt genannten zogen 5 300 in den Ramus communicans albus. Die Differenz zwischen den Wurzeln und den Ästen (ca. 1 300 Fasern) führt der Autor auf solche zurück, die im Spinalganglion entspringen und in den Ramus communicans albus übertreten. Er erblickt in ihnen Vasomotoren für die Eingeweide.

II. Eigene Untersuchungen.

1. Material und Technik.

Unserer Untersuchung legten wir die ventrale und die dorsale Wurzel eines linken zweiten Thorakalnerven zugrunde und zwar deshalb, weil sie zu den dünnsten Wurzeln der Spinalnerven gehören. Wir beschränkten uns absichtlich auf ein faserarmes Segment, weil es uns gegenwärtig nur darum zu tun ist, eine Methodik der Untersuchung auszuarbeiten, die zuverlässige Resultate ergibt.

Unser Material stammt von einem 22jährigen, an Leuchtgasvergiftung verstorbenen Kaufmann. Die Leiche war 175 cm lang, 55,5 kg schwer; sie wies keine pathologisch-anatomischen Befunde auf.

Zehn Stunden nach dem Tode wurden durch Lumbalpunktion ca. 100 cm³ 10%iges Formol in das Cavum leptomeningicum injiziert. Darauf wurde die Wirbelsäule aus der Leiche genommen und in einer reichlichen Menge 10%igen Formols vertikal aufgehängt (am 29. November 1948). Am folgenden Tage entfernten wir die Wirbelbogen, eröffneten den Duralsack seiner ganzen Länge nach und legten die Spinalganglien frei. Wieder einen Tag später wurde das Rückenmark mit Einschluß der Nervenwurzeln, der Spinalganglien und der Nervenstämme herausgenommen und in frischer Formollösung aufgehängt. Nach fünf weiteren Tagen isolierten wir sämtliche Nervenwurzeln von C 4 bis S 5 und legten sie, einzeln und genau bezeichnet, in Formol ein. Um das Auseinanderfallen der Wurzelfäden zu verhindern, wurden die Wurzeln vor der Durchtrennung an der Verbindungsstelle mit dem Rückenmark und am Zusammentritt zum Stamm mit feinen Fäden gefaßt; dabei wurde darauf geachtet, daß sie sich nicht irgendwie deformieren konnten.

In der Folge wurden C 4 bis Th 12 für 12 Tage in *Müllersche* Lösung gelegt, die nach den drei ersten Tagen erneuert wurde. L 1 bis S 5 dagegen wurden während fünf Tagen mit der *Weigertschen* Neurogliabeize behandelt.

Nach diesen Maßnahmen erfolgten wie üblich die Entwässerung und die Einbettung in Celloidin. Entsprechende Orientierung der Blöcke gestattete die Herstellung brauchbarer Querschnitte. Diese wurden folgendermaßen behandelt:

3,5 Kalibichromat 24 Stunden, Auswaschen in dreimal erneuertem Leitungswasser, 8% Kupferacetat 24 Stunden, Auswaschen in destilliertem Wasser, *Weigertisches* Hämatoxylin 12 Stunden; dieses bestand aus 10%iger alkoholischer

Hämatoxylinlösung 30 cm³, gesättigter wässriger Lithionkarbonatlösung 3 cm³, Aq. dest. ad 300 cm³. Auswaschen in Leitungswasser bis keine Farbwolken mehr abgingen. Differenzieren in 5%iger wässriger Boraxlösung mit Zusatz von 5% Ferricyankalium während einiger Stunden, Auswaschen in Leitungswasser, weitere Differenzierung in derselben Lösung bis die Fibrocytenkerne gelblich werden, während die Markscheiden ganz schwarz bleiben, Auswaschen in Leitungswasser, aufsteigender Alkohol, Carbolxylol, Balsam.

2. Zählung und Messung.

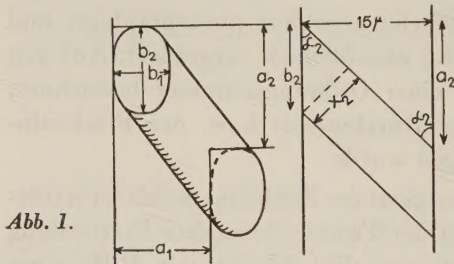
Beste Schnitte wurden 250fach vergrößert photographiert und beim Kopieren auf das Doppelte, also 500fach vergrößert. Auf den Kopien wurde jede Faser mit einer Ordnungsnummer bezeichnet, unter welcher im Protokoll der Durchmesser bzw. der Flächeninhalt des Querschnittes eingetragen wurde.

Wesentlich für die Zuverlässigkeit des Zahlenmaterials ist natürlich neben der genauen Zählung der Fasern die exakte Feststellung ihrer Durchmesser. Sie erfolgte an den Kopien mit Hilfe eines Maßstabes, dessen Teilstriche 0,5 mm auseinander liegen. Dabei wurden die Zehntelmillimeter durch Schätzung so gut wie möglich gewonnen. Daß 0,1 mm unserer Messungen immer genau 0,2 μ entspricht, kann natürlich nicht behauptet werden, aber mit einer erträglichen Annäherung dürfte das wohl der Fall sein.

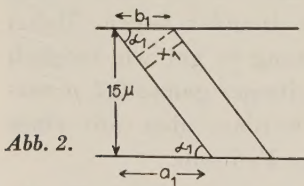
Für die statistische Verarbeitung haben wir einerseits die Durchmesser, anderseits die Flächeninhalte der Querschnitte verwendet, die nach den gleich zu beschreibenden Verfahren gewonnen wurden. Bei beiden Maßen haben wir auf jegliche Ab- bzw. Aufrundung verzichtet. Bis auf Bruchteile von Mikren oder gar von Quadratmikren genau sind unsere Zahlen sicher nicht, aber die Häufung gerade der kleinsten Querschnitte verbot jede Auf- oder Abrundung deshalb, weil wir auf gewisse, in unsern Augen vortreffliche statistische Maßnahmen nicht verzichten wollten.

98,6 % der ventralen und 98,72 % der dorsalen Wurzelfasern wiesen, wenn auch vielfach nur in ganz geringem Grade, elliptische Querschnitte auf. Der Flächeninhalt derselben wurde nach der bekannten Formel $\frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \pi$ berechnet, nachdem die beiden Durchmesser gemessen worden waren. Bei 0,86 % der ventralen und bei 0,15 % der dorsalen Fasern waren die Querschnitte unregelmäßig. Diese wurden bei 5000facher Vergrößerung projiziert, gezeichnet und mit dem Planimeter ausgemessen.

Waren die Fasern im Schnitt nicht ganz quer getroffen, weil ein Teil des Bündels schräg verlief, so mußten die wahren Durchmesser berechnet werden; 12 solche Fasern lagen in der ventralen, 34 in der dorsalen Wurzel. Dabei verfahren wir den Abb. 1 und 2 entsprechend. x = der wahre Durchmesser der Faser; 15μ = Dicke des Schnittes; $\tan \alpha = \frac{15}{a}$; $\sin \alpha = \frac{x}{b}$.



Verfahren bei der Messung schief im Präparat stehender Fasern.



3. Statistische Verarbeitung.

Das Ausmessen von nur 500 Fasern nach dem Vorbilde von Swensson schien uns nicht zuverlässig genug. Denn 500 Fasern entsprächen in unserer ventralen Wurzel nur 8,15 %, in der dorsalen sogar nur 4,7 % der Gesamtzahl von 6 128 bzw. 10 499 Fasern. Dazu kommt, daß in unseren Präparaten dünne und dicke Fasern nicht in gleichmäßiger Mischung enthalten, sondern in augenfälliger Weise zu Bündeln zusammengefaßt sind. Wir zogen es deshalb vor, die Fasern unseres Objektes alle zu zählen, in der früher angegebenen Weise zu vermessen und in der Statistik zu berücksichtigen. Einmal wird diese Arbeit wohl getan werden müssen, und erst, wenn genügend Erfahrungen vorliegen, werden Vereinfachungen und Abkürzungen des Vorgehens möglich sein.

Bei der statistischen Verarbeitung sind wir zunächst so vorgegangen wie die schwedischen Autoren, d. h. wir berechneten die Frequenz der einzelnen Durchmesser in Prozenten der Faserzahl. Die Resultate trugen wir wie diese in ein Koordinatensystem ein,

auf dessen Abszisse die Durchmesser von 1,2,3,4 usw. μ in unter sich gleichen Abständen hervortreten, und auf dessen Ordinate ihre prozentuale Frequenz ersichtlich ist. So erhielten wir für unsere beiden Wurzeln graphische Darstellungen, die mit denjenigen *Swenssons* vergleichbar sind (Abb. 3 und 4).

Wir fragten uns von Anfang an, ob der Durchmesser wirklich das Maß sei, das dem Wesen der Nervenfasern am nächsten kommt, und wir sagten uns, der Flächeninhalt des Querschnittes vermittele eigentlich ein zutreffenderes Bild von der Faser als erregungsleitende Einheit. Wir entschlossen uns also, die Querschnittsmaße als Grundlage der kurvenmäßigen Darstellung zu benützen.

Dementsprechend stellten wir zunächst in einer Tabelle die Frequenzen der einzelnen Querschnittsmaße in Prozenten der gesamten Faserzahl zusammen. Aus der Tabelle 1 geht hervor, daß zwischen 1 und 130 μ^2 alle Querschnitte vorkommen, und daß außerdem Streuwerte bis zu 155 μ^2 anzutreffen sind.

Trägt man auf der Abszisse eines Koordinatensystems die Flächenmaße in gleichen Abständen von je 1 μ^2 ein und auf der Ordinate die prozentuale Frequenz derselben, so zeigt sich, daß die Querschnitte von wenigen Quadratmikronen gewaltig überwiegen mit einem höchsten Gipfel bei 2 μ^2 . Im Bereiche der gröberen Fasern aber weist die Kurve eine Unregelmäßigkeit auf, aus der wir nichts herauszulesen vermögen.

Diese Unübersichtlichkeit hat ihren Grund in der Unzweckmäßigkeit sowohl unseres Koordinatensystems (arithmetische Gliederung der Abszisse) als auch unserer Klassengliederung (relativ kleine Klassenabstände namentlich bei den dicken Fasern).

Für die Wahl eines guten Koordinatensystems waren uns die Überlegungen von *Kohlrausch* (1939) maßgebend. *Kohlrausch* weist darauf hin, daß arithmetische Teilung einer Koordinate dann ungeeignet ist, wenn sich die auf ihr unterzubringenden Zahlen über einen weiten Bereich erstrecken. Die sich ja immer gleich bleibenden Unterschiede werden im Bereiche der kleinen so stark zusammengedrängt, daß die darzustellende Zahlenbeziehung undeutlich wird, und die Kurve zu Fehlschlüssen Anlaß geben kann. *Kohlrausch* empfiehlt für solche Fälle, an die Stelle der arithmetischen die logarithmische Gliederung der Abszisse treten zu lassen.

Uns bestimmten nicht nur rechnerische, sondern auch biologische Überlegungen, mit logarithmisch gegliederter Abszisse zu arbeiten, bei der eine bestimmte Distanz jeweils einer Verdoppelung

Tabelle 1.

Rad. ventr. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	‰	Klassengrenzen μ^2	Frequenz	‰
0,5 - 1	2	0,30	44,01- 45	22	3,60
1,01- 2	526	85,50	45,01- 46	13	2,12
2,01- 3	1159	189,00	46,01- 47	11	1,80
3,01- 4	896	146,00	47,01- 48	11	1,80
4,01- 5	392	64,00	48,01- 49	9	1,47
5,01- 6	372	61,00	49,01- 50	23	3,57
6,01- 7	270	44,00	50,01- 51	5	0,82
7,01- 8	125	20,40	51,01- 52	30	4,90
8,01- 9	97	15,90	52,01- 53	13	2,12
9,01- 10	95	15,30	53,01- 54	13	2,12
10,01- 11	91	14,90	54,01- 55	11	1,80
11,01- 12	126	20,50	55,01- 56	20	3,25
12,01- 13	36	5,90	56,01- 57	39	6,35
13,01- 14	29	4,70	57,01- 58	6	0,98
14,01- 15	19	3,10	58,01- 59	19	3,10
15,01- 16	36	5,90	59,01- 60	22	3,60
16,01- 17	28	4,55	60,01- 61	9	1,47
17,01- 18	24	3,90	61,01- 62	21	3,41
18,01- 19	38	6,20	62,01- 63	48	7,80
19,01- 20	18	2,90	63,01- 64	18	2,90
20,01- 21	18	2,90	64,01- 65	20	3,25
21,01- 22	20	3,25	65,01- 66	11	1,80
22,01- 23	24	3,90	66,01- 67	30	4,90
23,01- 24	41	6,70	67,01- 68	18	2,90
24,01- 25	32	5,20	68,01- 69	5	0,82
25,01- 26	14	2,30	69,01- 70	41	6,70
26,01- 27	20	3,25	70,01- 71	52	8,50
27,01- 28	17	2,75	71,01- 72	22	3,60
28,01- 29	21	3,40	72,01- 73	29	4,70
29,01- 30	11	1,80	73,01- 74	19	3,10
30,01- 31	15	2,45	74,01- 75	25	4,10
31,01- 32	14	2,30	75,01- 76	26	4,25
32,01- 33	8	1,30	76,01- 77	17	2,75
33,01- 34	20	3,25	77,01- 78	69	11,20
34,01- 35	17	2,75	78,01- 79	30	4,90
35,01- 36	9	1,47	79,01- 80	18	2,90
36,01- 37	6	0,98	80,01- 81	22	3,60
37,01- 38	11	1,80	81,01- 82	24	3,90
38,01- 39	12	1,95	82,01- 83	24	3,90
39,01- 40	5	0,82	83,01- 84	22	3,60
40,01- 41	5	0,82	84,01- 85	43	7,00
41,01- 42	9	1,47	85,01- 86	15	2,45
42,01- 43	16	2,60	86,01- 87	47	7,69
43,01- 44	1	0,16	87,01- 88	12	1,95

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	‰	Klassengrenzen μ^2	Frequenz	‰
88,01– 89	24	3,90	122,01–123	1	0,16
89,01– 90	10	1,63	123,01–124	4	0,65
90,01– 91	20	3,25	124,01–125	1	0,16
91,01– 92	10	1,63	125,01–126	1	0,16
92,01– 93	12	1,95	126,01–127	0	
93,01– 94	7	1,14	127,01–128	5	0,82
94,01– 95	37	6,00	128,01–129	2	0,32
95,01– 96	8	1,30	129,01–130	0	
96,01– 97	16	2,60	130,01–131	1	0,16
97,01– 98	12	1,95	131,01–132	1	0,16
98,01– 99	9	1,47	132,01–133	2	0,32
99,01–100	12	1,95	133,01–134	1	0,16
100,01–101	9	1,47	134,01–135	0	
101,01–102	1	0,16	135,01–136	1	0,16
102,01–103	12	1,95	136,01–137	0	
103,01–104	0		137,01–138	1	0,16
104,01–105	24	3,90	138,01–139	1	0,16
105,01–106	9	1,47	139,01–140	0	
106,01–107	8	1,30	140,01–141	0	
107,01–108	4	0,65	141,01–142	2	0,32
108,01–109	6	0,98	142,01–143	0	
109,01–110	0		143,01–144	3	0,49
110,01–111	10	1,63	144,01–145	0	
111,01–112	3	0,49	145,01–146	0	
112,01–113	12	1,95	146,01–147	0	
113,01–114	2	0,32	147,01–148	0	
114,01–115	3	0,49	148,01–149	0	
115,01–116	1	0,16	149,01–150	0	
116,01–117	3	0,49	150,01–151	0	
117,01–118	1	0,16	151,01–152	0	
118,01–119	3	0,49	152,01–153	0	
119,01–120	2	0,32	153,01–154	0	
120,01–121	3	0,49	154,01–155	1	0,16
121,01–122	3	0,49	gesamte Anzahl	6128	

des Faserquerschnittes entspricht. Gerade bei Nervenfasern so vorzugehen, d. h. die jeweilige Verdoppelung des Querschnittes als den biologisch gleichwertigen Abstand zu betrachten, erscheint uns gerechtfertigt. Die Zugfestigkeit eines zylindrischen Drahtes verdoppelt sich ja auch mit seinem Querschnitt, und durch ein Rohr von doppeltem Querschnitt fließt *ceteris paribus* die doppelte Menge von Flüssigkeit.

Arithmetische Gliederung der Abszisse entspricht den eben angestellten Überlegungen nicht. Denn bei den annähernd 130

Klassen, die wir bei unseren Objekten bekämen, würde die erste Verdoppelung (zwischen 1 und $2 \mu^2$) ohne Zwischenstufe erfolgen, in den Schritt von 2 zu $4 \mu^2$ wäre eine Zwischenklasse eingeschaltet, in denjenigen von 4 zu $8 \mu^2$ deren drei usw. Biologisch gleichwertige Abstände würden also mit wachsender Ausgiebigkeit unterteilt, je größer die Querschnitte werden. Nur bei logarithmischer Gliederung der Abszisse bildet die Kurve die Zunahme der Querschnittsareale in konstanten Proportionen ab.

Ähnliche Überlegungen wie *Kohlrausch* hat neuerdings *Hintzsche* (1945/46) bei seinen Untersuchungen über Kernvolumina angestellt. Zur kurvenmäßigen Darstellung derselben, bei denen ja ebenfalls die Verdoppelung der biologisch jeweiligen ausgezeichnete Schritt ist, bedient sich auch er der logarithmisch gegliederten Abszisse. Darüber hinaus aber verdanken wir *Hintzsche* die Einführung des Verfahrens, die einzelnen Strecken der Abszisse in Zwischenklassen zu gliedern, die sich proportional zueinander verhalten.

Sollten in die Strecke A B, die einer Verdoppelung des Faserquerschnittes entspricht, drei Zwischenklassen z_1 , z_2 und z_3 eingeschaltet werden, so ergibt sich folgende Proportionsreihe:

$$A : z_1 = z_1 : z_2 : z_3 = z_3 : B$$

Die Auflösung ergibt für die einzelnen Glieder

$$z_1 = \sqrt[4]{B}; z_2 = \sqrt[4]{B}; z_3 = \sqrt[4]{B^3}$$

Logarithmisch geschrieben ist also

$$\log z_1 = \frac{1}{4} \log B; \log z_2 = \frac{1}{2} \log B; \log z_3 = \frac{3}{4} \log B.$$

Die einzelnen Glieder der Proportionsreihe unterscheiden sich demnach immer um den Wert $\frac{1}{4} \log B$; jeder Klassenumfang ist um diesen Wert höher als der vorhergehende, und ebenso liegt jede Klassengrenze bzw. Klassenmitte um $\frac{1}{4} \log B$ von der vorangehenden bzw. der nächstfolgenden entfernt.

Will man sich mit einer einzigen Zwischenklasse begnügen, was unter Umständen auch vorteilhaft sein kann, so beschränkt man sich natürlich auf die mittlere.

Ist einmal die logarithmische Gliederung der Abszisse als zweckmäßig anerkannt und angenommen, so stellt sich als weiteres Problem dasjenige der Klasseneinteilung.

In dieser Beziehung befindet sich z. B. die Forschung über Kernvolumina, die sich für ihre graphischen Darstellungen auch logarithmisch gegliederter Abszisse bedient, in einer weit günstigeren

Lage als wir. Man weiß, daß sich die Kernvolumina rhythmisch verdoppeln und daß innerhalb einer Summe von Kernen ein Volumen mit der größten Frequenz auftritt. Dieses bildet als Ausdruck der Regelklasse die höchste Erhebung der Variationskurve und zur Regelklasse verhalten sich die übrigen Klassen bzw. Kurvengipfel wie 1:2:4 usw. bzw. wie $\frac{1}{2}:\frac{1}{4}:\frac{1}{8}$ usw. Ist also die Regelklasse bekannt, so ergeben sich alle übrigen von selbst und die Einschaltung von Zwischenklassen in kleinerer oder größerer Anzahl ist mehr oder minder eine Ermessensfrage. Sie wird sich einigermaßen nach der Höhe der Maxima und nach der Zahl der gemessenen Kerne richten. Damit ist dann die endgültige Gliederung der Abszisse gewonnen.

Ein ganz anderes Objekt sind die Nervenfasern erwachsener Organismen. Sie verändern ihre Dicke nicht mehr, und die Unterschiede ihrer Durchmesser bzw. Querschnitte haben als endgültige und für den Erwachsenen charakteristische Merkmale zu gelten. Die Statistik erfaßt nicht ein Augenblicksbild aus dem Ablauf eines Vorganges, sondern einen dauernden Zustand. Ob der unterschiedlichen Dicke der Nervenfasern irgendeine funktionelle Bedeutung zukommt, und gegebenenfalls welche, vermögen wir aus den Dimensionen allein nicht abzulesen. Wir wissen nur aus den Untersuchungen früherer Autoren, namentlich *Swenssons*, daß es sich bei den Fasern der Spinalnerven nicht um Vertreter einer „reinen Linie“ handelt, sondern um eine gemischte Population, und daß diese Population sowohl in der ventralen als auch in der dorsalen Wurzel aus zwei Hauptgruppen besteht. Vom eigentlichen Wesen dieser Gruppen ist uns aber noch nichts bekannt.

Wenn wir dieses Wesen soweit bestimmen wollen, als es die Statistik erlaubt, so müssen wir durch tastende Versuche diejenige Gliederung der Abszisse finden, die eine den wirklichen Verhältnissen entsprechende und dabei möglichst eindeutige graphische Darstellung ergibt.

Für jede Wurzel haben wir fünf verschiedene Kurven gezeichnet, von denen wir je vier in den Abb. 5 bis 12 vorlegen. Um wenigstens einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, ob den links und rechts an die Kurvengipfel anschließenden Querschnittsmaßen als solchen eine Bedeutung zukommen könnte oder nicht, haben wir die Verteilung der verschiedenen Faserdicken auf ihre Abweichung bzw. Übereinstimmung mit der binominalen geprüft. Denn je mehr sich die Verteilung innerhalb einer gegebenen Kurvenerhebung der binominalen

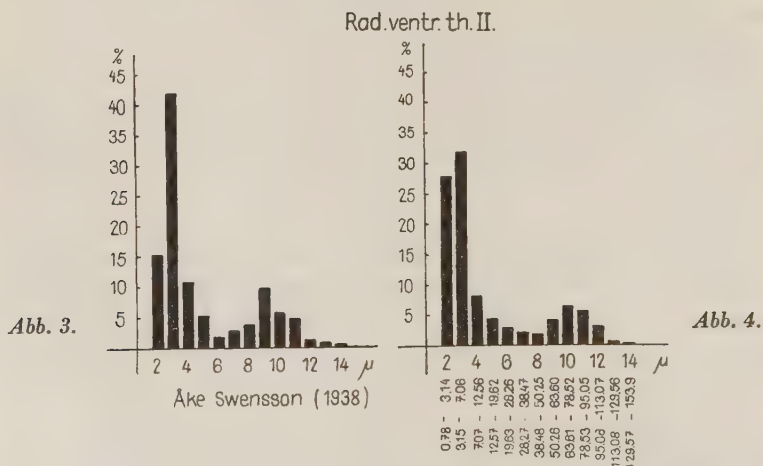
nähert, um so weniger darf den diese Erhebung zusammensetzenden Klassen als solchen eine besondere Bedeutung zugemessen werden. Die Erhebung der Kurve umfaßt dann eine zusammengehörige Fasergruppe, innerhalb welcher die Faserdicke nach den Gesetzen des Zufalls variiert.

Nach dem Vorschlage von *Hintzsche* (1946) sollten nicht die Klassengrenzen, sondern die Klassenmitten als Punkte in den Kurven hervortreten. Für Kernvolumina ist diese Forderung berechtigt, denn bei ihnen ergeben sich die Klassen aus der Natur des Vorganges, von dem die Kurve ein Momentbild festhält. Unser Objekt dagegen weist als solches gar keine Klassengliederung auf, und bei der willkürlichen Einteilung der Abszisse, die wir vornehmen und in weiten Grenzen variieren, kommt ein Unterschied zwischen Klassengrenzen und Klassenmitten gar nicht in Frage. Wir unternahmen trotzdem einen entsprechenden Versuch auf Grund der Gliederung der Abb. 5 (über die Ermittlung der Klassenmitten siehe *Hintzsche* 1946), erhielten aber eine Kurve, die von der Abb. 5 kaum abweicht. Es ist daher überflüssig, sie abzubilden und einer Betrachtung zu unterziehen.

4. Die Kurven.

1. *Radix ventralis*.

Als erste Kurve geben wir diejenige von *Swensson* wieder (Abb. 3) und vergleichen sie mit unserer Abb. 4. Beide stellen die prozentualen



Vergleich unserer Kurve mit derjenigen von *Swensson* (Rad. ventr.).

Tabelle 2.

Rad. ventr. th. II

Diameter μ	Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,001– 2	0,78– 3,14	1715	28,00
2,001– 3	3,15– 7,06	1966	32,00
3,001– 4	7,07– 12,56	513	8,30
4,001– 5	12,57– 19,62	282	4,60
5,001– 6	19,63– 28,26	193	3,14
6,001– 7	28,27– 38,47	131	2,10
7,001– 8	38,48– 50,25	126	2,05
8,001– 9	50,26– 63,60	262	4,26
9,001–10	63,61– 78,52	399	6,50
10,001–11	78,53– 95,05	350	5,70
11,001–12	95,06–113,07	144	2,42
12,001–13	113,08–129,56	37	0,60
13,001–14	129,57–153,90	10	0,16

Frequenzen der wachsenden Durchmesser dar, und bei beiden ist die Abszisse arithmetisch gegliedert. Da *Swensson* seiner Kurve die genauen Zahlen nicht beigegeben hat, aus denen die verschiedenen Frequenzen exakter hervorgehen würden, ist ein ganz präziser Vergleich seiner Kurve mit der unsrigen nicht möglich. Die Zahlen, die wir aus seiner Kurve herauslesen, können also nicht ganz genau sein.

Swensson und wir haben zweigipflige Kurven erhalten. Der tiefste Punkt fällt bei *Swensson* auf 6 μ Durchmesser, bei uns auf 8 μ . Wenn wir die dicken Fasern bei *Swensson* mit 6 und bei uns mit 8 μ beginnen lassen, so entfallen bei *Swensson* 4 Klassen auf dünne, 9 auf dicke Fasern, bei uns 6 Klassen auf dünne und 7 auf dicke Fasern. Auf dieser Basis berechnet, weist die *Swenssonsche* Kurve mindestens drei Viertel dünne und etwa ein Viertel dicke Fasern auf, die unsrige 77 resp. 22 %.

In der Erhebung der dünnern Fasern liegt der Gipfel in beiden Kurven bei 3 μ , nur umfaßt er bei *Swensson* eine größere Quote als bei uns. Nehmen wir indessen den Durchmesser von 2 μ und 3 μ zusammen, so ist die Frequenz etwa dieselbe. Links vom Gipfel stehen bei *Swensson* etwa 47 %, rechts etwa 53 % der Fasern; für unsere Kurven lauten die Zacken 56,6 % und 43,4 %.

Der Gipfel der dicken Fasern liegt in der *Swenssonschen* Kurve bei 9 μ , in der unsrigen bei 10 μ ; bei *Swensson* umfaßt er fast die Hälfte, bei uns beinahe ein Drittel der dicken Fasern. Bei *Swensson* liegen 38,7 % von ihnen links, 61,3 % rechts vom Gipfel; für unsere Kurve lauten die Zahlen 42 % resp. 58 %.

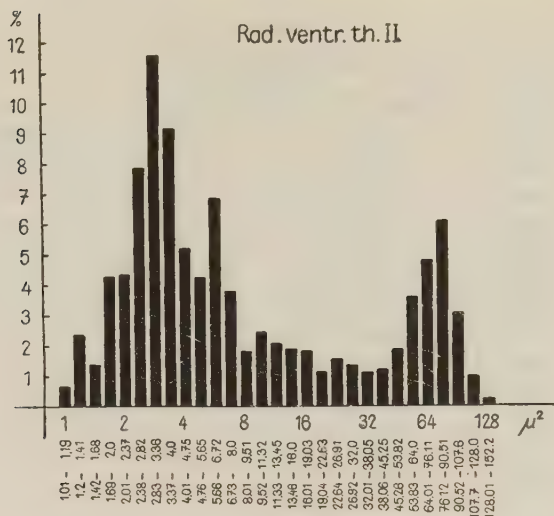


Abb. 5. *Radix ventralis*. Hauptklassen 1–2–4–8 etc. μ^2 , 3 Zwischenklassen.

Im großen und ganzen sehen sich also die Kurven trotz des relativ kleinen von *Swensson* ausgemessenen Materials nicht unähnlich.

Bei unserer ersten Kurve mit logarithmisch gegliederter Abszisse (Abb. 5) sind auf derselben in gleichmäßigen Abständen die Querschnittflächen von 1–2–4–8 usw. μ^2 aufgetragen, und die Strecken zwischen je zweien dieser Hauptklassen wurden genau nach dem Vorbilde von *Hintzsche* in drei Zwischenklassen unterteilt. Diese Gliederung ergibt bis zur Klasse von 32 μ^2 Schritte von nur 0,3 bis 6 μ^2 , Größen also, die bei unserer Art der Registrierung zwar erhalten werden und in der Tabelle 2 erscheinen, aber keinen Anspruch auf Exaktheit erheben können.

Wie in der Abb. 4, welche dasselbe Material bei arithmetischer Abszissengliederung erfaßt, sind in der Abb. 5 zwei hauptsächliche Maxima erkennbar, aber die Kurve 4 verläuft entschieden gleichmäßiger als die Kurve 5.

Lassen wir die Erhebung der dünnen Fasern bei 32 μ^2 enden, so umfassen ihre zwanzig Klassen 76,6 % aller Fasern; 35,1 % derselben liegen links, 64,1 % rechts vom Gipfel.

Die Unregelmäßigkeiten im Bereiche der dünnen Fasern waren angesichts der kleinen und nur unsicher zu bestimmenden Klassenunterschiede zu erwarten, aber sie sind eigentlich geringfügig. Der

Tabelle 3.

Rad. ventr. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,01– 1,19	43	0,70
1,20– 1,41	147	2,40
1,42– 1,68	88	1,43
1,69– 2,00	267	4,35
2,01– 2,37	269	4,38
2,38– 2,82	485	7,90
2,83– 3,36	711	11,60
3,37– 4,00	566	9,20
4,01– 4,75	320	5,21
4,76– 5,65	266	4,30
5,66– 6,72	426	6,90
6,73– 8,00	235	3,85
8,01– 9,51	112	1,82
9,52– 11,32	154	2,50
11,33– 13,45	132	2,15
13,46– 16,00	119	1,93
16,01– 19,03	112	1,82
19,04– 22,63	72	1,18
22,67– 26,91	100	1,63
26,92– 32,00	85	1,38
32,01– 38,05	68	1,11
38,06– 45,25	76	1,24
45,26– 53,82	116	1,90
53,83– 64,00	222	3,61
64,01– 76,11	296	4,82
76,12– 90,51	375	6,12
90,52– 107,60	190	3,10
107,61– 128,00	63	1,03
128,01– 152,20	13	0,21

Tabelle 4.

Rad. ventr. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,09– 1,25	75	1,22
1,26– 1,50	121	1,98
1,51– 1,82	203	3,30
1,83– 2,17	238	3,90
2,18– 2,52	518	8,50
2,53– 3,00	530	8,60
3,01– 3,56	530	8,60
3,57– 4,24	457	7,30
4,25– 5,01	307	4,90
5,02– 6,00	372	6,10
6,01– 7,13	321	5,22
7,14– 8,48	192	3,12
8,49– 10,09	107	1,74
10,10– 12,00	187	3,00
12,01– 14,27	110	1,80
14,28– 16,97	107	1,74
16,98– 20,18	105	1,70
20,19– 24,00	95	1,55
24,01– 28,54	94	1,52
28,55– 33,94	75	1,22
33,95– 40,36	62	1,01
40,37– 48,00	91	1,48
48,01– 57,08	163	2,65
57,09– 67,98	219	3,59
67,99– 80,73	349	5,70
80,74– 96,00	330	5,35
96,01– 114,10	120	1,95
114,20– 135,70	41	0,65
135,80– 161,40	9	0,14

höchste Gipfel umfaßt 11 % ihrer Gesamtzahl. Nach links und nach rechts schließen sich an diesen Gipfel je drei Klassen abnehmender Frequenz an. Daß es nicht auf jeder Seite deren sechs sind, liegt am Verhalten der beiden Klassen, die unvermittelt und isoliert ihre Nachbarschaft überragen. Wahrscheinlich ist diesen Sprüngen keine Bedeutung zuzumessen, ebensowenig wie der geringen Frequenz zwischen 8,01 und 9,51 μ^2 . Wiese die Kurve diese drei Unregelmäßigkeiten nicht auf, so würde sie sich im Bereiche der dünnen Fasern zu einem einzigen Maximum erheben, das freilich nach rechts allmählicher abfällt als nach links. Denn links von ihm befinden sich nur sechs Klassen, rechts dagegen deren dreizehn.

Rechts von $32\mu^2$ beginnt sich das zweite unzweifelhafte Maximum zu erheben. Es umfaßt 23,14 % aller Fasern, eine Proportion, die mit derjenigen von *Swensson* wohl übereinstimmt. Der Gipfel der dicken Fasern umfaßt 26,4 % derselben. Die Gesamtheit der dicken Fasern ordnet sich zu 68 % links und zu 32 % rechts von der Mitte der Erhebung an. Der Abfall des Gipfels ist steiler als sein Aufstieg; links von ihm liegen fünf, rechts nur drei Klassen.

Die beiden Haupterhebungen unserer Kurve weisen sowohl hinsichtlich der Klassenzahl als auch ihrer Höhe ein einigermaßen spiegelbildliches Verhalten auf.

Die im Zusammenhang mit der Abb. 5 soeben besprochenen Unregelmäßigkeiten legten uns nahe, die Hauptklassen weiter auseinanderzuziehen, d. h. die Abszisse in Abständen von 1,5–3–6 usw. μ^2 einzuteilen. Das geschah in der Erwartung, die Sprünge in der Abb. 5 wenigstens bis zu einem gewissen Umfang verschwinden zu sehen. Drei Zwischenklassen behielten wir auch in der zweiten Kurve noch bei, die wir zusammen mit der Tabelle 4 in der Abb. 6 vorlegen.

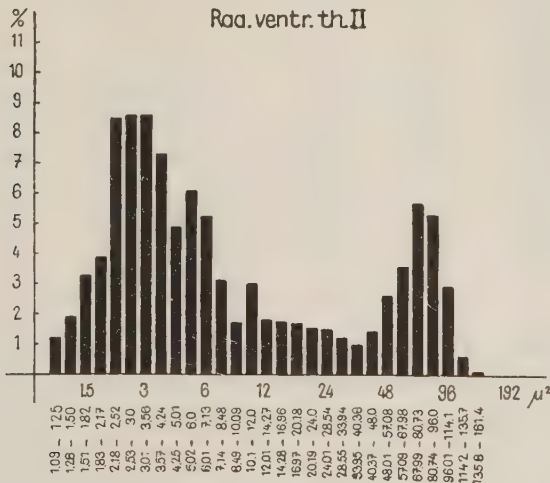


Abb. 6. *Radix ventralis*. Hauptklassen 1,5–3–6 etc. μ^2 , 3 Zwischenklassen.

Vergleichen wir die Abb. 6 mit der Abb. 5, so ist in der Tat die Unregelmäßigkeit im Aufstieg zum Gipfel der dünnen Fasern verschwunden. Der Gipfel selbst ist beinahe zu einem Plateau geworden,

das sich über drei Klassen erstreckt. Der Abstieg hat sich ebenfalls etwas ausgeglichen. Er zeigt noch zwei Einziehungen von denen die zweite einer starken Erhebung vorangeht. Ohne diese Unregelmäßigkeiten würde sich die Kurve stetig absenken, und ihre tiefste Stelle läge ähnlich wie in der Abb. 5.

Die Erhebung im Bereich der dicken Fasern ist etwas symmetrischer geworden.

Rechnen wir die ersten 20 Klassen zu den dünnen Fasern, so entfallen auf sie 77 % der Gesamtheit und auf die dicken 23 %. Von den dünnen Fasern liegen 35,7 % links von ihrem Maximum und 64,3 % rechts; ihre Erhebung ist also wiederum zugunsten der rechten Seite stark asymmetrisch. Das kommt auch darin zum Ausdruck, daß links von der Mitte 6 und rechts 14 Klassen liegen.

Die Erhebung im Bereiche der dicken Fasern besteht links und rechts vom Gipfel aus je vier Klassen, und jede Hälfte der Erhebung besteht aus 50 % der Fasern. In dieser Darstellungsart ist also die Erhebung der dicken Fasern weitgehend symmetrisch.

Nach diesen Ergebnissen entschlossen wir uns, an die Stelle von drei Zwischenklassen eine einzige treten zu lassen. Wir erstellten gleich zwei weitere Kurven (Abb. 7 und 8), die eine mit den Hauptklassen 1–2–4 usw. μ^2 , die andere entsprechend der größeren Ein-

Tabelle 5.

Rad. ventr. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,01– 1,41	190	3,10
1,42– 2,00	355	5,78
2,01– 2,82	754	12,28
2,83– 4,00	1277	20,80
4,01– 5,65	586	9,51
5,66– 8,00	661	10,75
8,01– 11,32	266	4,32
11,33– 16,00	251	4,08
16,01– 22,63	184	3,00
22,64– 32,00	185	3,01
32,01– 45,25	144	2,35
45,26– 64,00	338	5,51
64,01– 90,51	671	10,94
90,52–128,00	253	4,13
128,01–181,00	13	0,21

Tabelle 6.

Rad. ventr. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,09– 1,50	196	3,20
1,51– 2,17	441	7,20
2,18– 3,00	1048	17,10
3,01– 4,24	987	15,90
4,25– 6,00	678	11,00
6,01– 8,48	513	8,34
8,49– 12,00	294	4,74
12,01– 16,97	217	3,54
16,98– 24,00	200	3,25
24,01– 33,94	169	2,74
33,95– 48,00	153	2,49
48,01– 67,98	382	6,24
67,99– 96,00	679	11,05
96,01–135,70	161	2,60
135,80–192,00	9	0,14

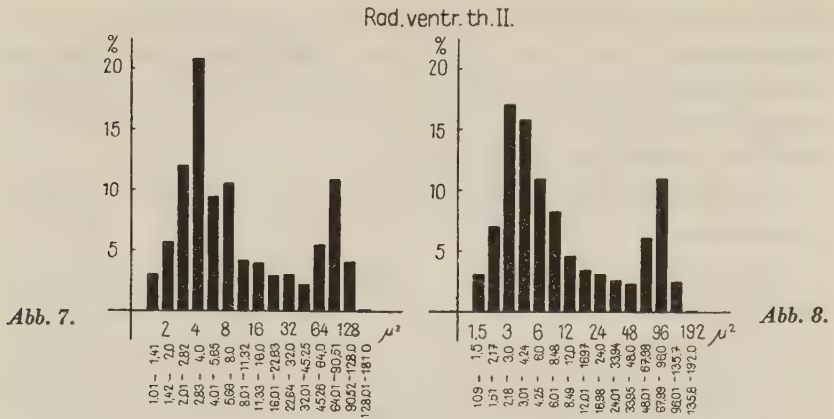


Abb. 7. *Radix ventralis*. Hauptklassen 1–2–4–8 etc. μ^2 ; 1 Zwischenklasse.

Abb. 8. *Radix ventralis*. Hauptklassen 1,5–3–6 etc. μ^2 ; 1 Zwischenklasse.

teilung (1,5–3–6 usw. μ^2). In beiden Darstellungen treten Sprünge und stärkere Einziehungen zurück.

In der Abb. 7 überragt der den dünnen Fasern zugeordnete Gipfel alle andern Frequenzen ganz bedeutend. Der Abfall der Erhebung ist immer noch unregelmäßiger als der Anstieg. Zählen wir wie bisher die zehn ersten Klassen zu den dünnen Fasern, so umfassen sie 76 % der Gesamtheit, während auf die dicken 23 % entfallen. Im dünnen Sektor liegen drei Klassen mit 41 % der Fasern links und sechs mit 59 % der Fasern rechts vom Maximum; die dicken Fasern weisen je zwei Klassen auf beiden Seiten des Gipfels auf mit 57 % resp. 42 % der Fasern. Gegenüber der Abb. 6 hat sich also neuerdings eine leichte Asymmetrie der groben Fasern eingestellt.

Verfahren wir mit der Abb. 8 wie mit der Abb. 7, so ergeben sich 77 % feine und fast 23 % grobe Fasern. Das Maximum der dünnen Fasern steht nicht mehr isoliert da, sondern es fällt auf zwei fast gleich stark vertretene Klassen. Seine Absenkung nach rechts erfolgt über sieben Klassen viel allmählicher als nach links über zwei und vor allen Dingen ist nirgends mehr ein Sprung oder eine Einziehung vorhanden. Legt man die Mitte zwischen die beiden am stärksten vertretenen Klassen, so liegen natürlich drei auf ihrer linken, aber immer noch sieben auf ihrer rechten Seite. Zahlenmäßig liegen unter den dünnen Fasern 24,6 % links, und 75,4 % rechts vom Gipfel; legen wir aber die Mitte der Erhebung zwischen die beiden stärksten

Klassen, so ergeben sich für die linke Seite 35,7 % und für die rechte 64,3 %. Nehmen wir gar die vierte Klasse als Mitte der Erhebung, so liegen 46 % der dünnen Fasern links und 54 % rechts.

Der Anteil der dicken Fasern umfaßt wie in der Abb. 7 fünf symmetrisch zum Gipfel angeordnete Klassen. 63,3 % seiner Fasern liegen links und 36,7 % rechts von der Mitte.

Vergleichung der Kurven unter sich.

Vergleichen wir die Abb. 5 bis 8 unter sich, so sind für die dünnen Fasern die beiden letzten Bilder ohne Zweifel die übersichtlichsten und eindeutigsten. Das weist wohl darauf hin, daß eine allzu dichte Klassenfolge im Bereiche der an sich nicht nur kleinen, sondern auch unsicheren Maße nicht zu empfehlen ist. Für die dicken Fasern, wo die Klassen eine größere Breite aufweisen und wo daher die Meßfehler weniger ins Gewicht fallen, entspricht eine ausgiebigere Gliederung der Abszisse, wie sie die Abb. 5 und namentlich 6 darbieten, den Verhältnissen wohl am besten. Ausgesprochen asymmetrisch sowohl hinsichtlich der Klassenzahl als auch der Faserfrequenz ist die Erhebung der dünnen Fasern. Im Gegensatz dazu ist die der dicken Fasern entsprechende Wölbung symmetrisch in beiden Beziehungen; das geht am eindeutigsten aus der Abb. 6 hervor.

2. Radix dorsalis.

Beim Vergleich unserer Abb. 10, die sich bei arithmetisch gegliederter Abszisse auf die Durchmesser bezieht, mit der entsprechenden Kurve von *Swensson* (Abb. 9) fällt zunächst insofern Übereinstimmung auf, als die kleinen Diameter, (2 bis 4 μ) in beiden Fällen weitaus die höchste Frequenz aufweisen. Wenn wir das Gebiet der dünnen Fasern mit 6 μ enden lassen, so entfallen bei *Swensson* 80 % und bei uns 77,13 % der Gesamtzahl auf diese Gruppe, also so gut wie dieselbe Menge. Aber unsere Kurve beginnt mit dem Gipfel und fällt zunächst wenig, dann rasch ab, während in der rechts vom Gipfel ähnlichen Erhebung von *Swensson* auch links von diesem ein großer Prozentsatz von Fasern zu liegen kommt.

Zwischen den Durchmessern von 7 bis 11 μ läuft die Kurve *Swenssons* im Zickzack mit einem kleinen Maximum bei 9 μ , und von 11 μ an fällt sie als nach oben konkave Linie bis auf 14 μ ab. In unserer Kurve tritt weder das auf und ab noch der Gipfel bei 9 μ

Tabelle 7.

Rad. dors. th. II.

Diameter μ	Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,001- 2	0,78- 3,14	3450	32,70
2,001- 3	3,15- 7,06	2991	28,50
3,001- 4	7,07- 12,56	684	6,50
4,001- 5	12,57- 19,62	516	4,91
5,001- 6	19,63- 28,26	475	4,52
6,001- 7	28,27- 38,47	505	4,80
7,001- 8	38,48- 50,25	478	4,54
8,001- 9	50,26- 63,60	521	4,97
9,001-10	63,61- 78,52	414	3,94
10,001-11	78,53- 95,05	305	2,90
11,001-12	95,06-113,07	116	1,07
12,001-13	113,08-129,56	38	0,36
13,001-14	129,57-153,90	5	0,04

stark hervor, und die Absenkung erfolgt schon von 9 μ an in gleichmäßiger Weise. Weder die eine noch die andere Kurve läßt einen sicheren Schluß auf ein signifikantes Maximum im Bereiche der dicken Fasern zu. Daß die Unterschiede zwischen der Swenssonschen und unserer Kurve auf der Einbeziehung aller Fasern in der unsrigen beruhen, halten wir für möglich.

Die Kurve Abb. 11 mit logarithmisch gegliederter Abszisse, Hauptklassen von 1-2-4-8 usw. μ^2 und drei Zwischenklassen weist

Rad. dors. th. II

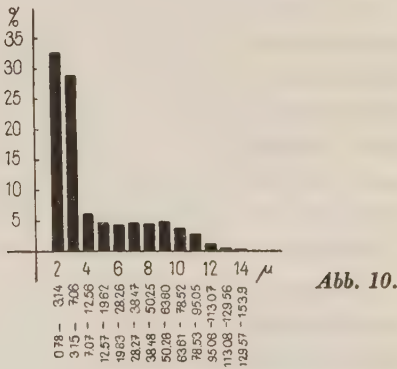
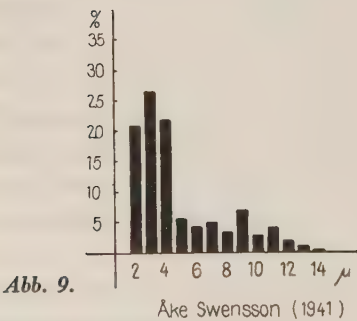


Abb. 9 und 10. Vergleich unserer Kurve mit derjenigen von Swensson (Rad. dors.)

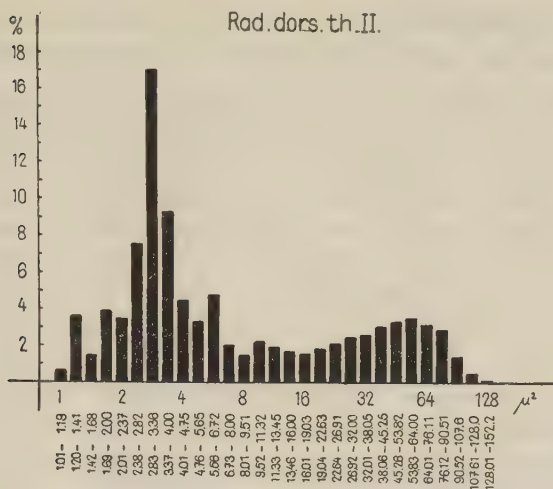


Abb. 11. *Radix dorsalis*. Hauptklassen 1-2-4-8 etc. μ^2 ; 3 Zwischenklassen.

zwei hauptsächlich Erhebungen auf, eine besonders mächtige im Gebiete der dünnen und eine bescheidenere im Bereiche der dicken Fasern. Dehnt sich die erste Erhebung bis $9,51 \mu^2$ aus, also über dreizehn Klassen, so umfaßt sie $64,2 \%$ aller Fasern, und beginnt die Wölbung der dicken Fasern mit $16,01 \mu^2$, so entfallen auf diese $29,29 \%$; ein Rest von drei Klassen ($6,13 \%$ der Gesamtzahl), der die Querschnitte von $9,52$ bis $16 \mu^2$ umfaßt, ist in seiner Zugehörigkeit auf Grund der Abb. 11 unsicher. In diesem Bereiche, vielleicht sogar mit Einschluß der Klassen $8 \mu^2$ und $16 \mu^2$, überschneiden sich die Kurven der dünnen und der dicken Fasern. In welcher Weise das geschieht, wissen wir nicht; da der Umfang des unsicheren Gebietes ja klein ist, wollen wir einfach je die Hälfte desselben den dünnen und den dicken Fasern zuzählen. Dann umfassen die dünnen Fasern $67,3 \%$ und die dicken $32,5 \%$ der gesamten Menge.

Die stärkste Erhöhung der dünnen Fasern umfaßt für sich allein schon $17,1 \%$ der Gesamtzahl und $25,4 \%$ der dünnen Fasern nach der soeben angenommenen definitiven Abgrenzung derselben. Nach rechts ist die Abgrenzung ihres Kurventeils durch eine leichte Unregelmäßigkeit unterbrochen und nach links durch zwei. Links vom Gipfel liegen $34,9 \%$ der Fasern, den Gipfel bilden $25,4 \%$ und rechts befinden sich $40,0 \%$. Verteilen wir den Gipfel gleichmäßig auf den

Tabelle 8.

Rad. dors. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,01– 1,19	81	0,77
1,20– 1,41	388	3,70
1,42– 1,68	167	1,59
1,69– 2,00	412	3,91
2,01– 2,37	387	3,68
2,38– 2,82	807	7,65
2,83– 3,36	1802	17,10
3,37– 4,00	977	9,30
4,01– 4,75	477	4,54
4,76– 5,65	366	3,49
5,66– 6,72	507	4,81
6,73– 8,00	226	2,15
8,01– 9,51	158	1,51
9,52– 11,32	247	2,35
11,33– 13,45	203	1,94
13,46– 16,00	194	1,84
16,01– 19,03	188	1,79
19,04– 22,63	202	1,92
22,64– 26,91	244	2,31
26,92– 32,00	262	2,49
32,01– 38,05	271	2,58
38,06– 45,25	333	3,16
45,26– 53,82	345	3,27
53,83– 64,00	380	3,61
64,01– 76,11	335	3,19
76,12– 90,51	305	2,90
90,52–107,60	152	1,45
107,61–128,00	61	0,58
128,01–152,20	5	0,04

Tabelle 9.

Rad. dors. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,09– 1,25	161	1,53
1,26– 1,50	273	2,60
1,51– 1,82	275	2,61
1,83– 2,17	463	4,41
2,18– 2,52	475	4,52
2,53– 3,00	1463	14,00
3,01– 3,56	1040	9,60
3,57– 4,24	985	9,45
4,25– 5,01	417	3,96
5,02– 6,00	476	4,53
6,01– 7,13	345	3,27
7,14– 8,48	198	1,88
8,49– 10,09	203	1,94
10,10– 12,00	238	2,26
12,01– 14,27	201	1,91
14,28– 16,96	216	2,06
16,97– 20,18	205	1,95
20,19– 24,00	210	2,00
24,01– 28,54	233	2,22
28,55– 33,94	280	2,66
33,95– 40,36	290	2,76
40,37– 48,00	326	3,10
48,01– 57,08	338	3,21
57,09– 67,98	380	3,61
67,99– 80,73	339	3,22
80,74– 96,00	258	2,46
96,01–114,10	109	1,04
114,20–135,70	37	0,35
135,80–161,40	3	0,03
161,50–192,00	1	0,001

linken und den rechten Teil der Erhebung, so liegen links 44,3 % und rechts 55,6 % der dünnen Fasern. Damit weist die Erhebung ein gewisses Übergewicht ihrer rechten Seite auf.

Im Bereiche der dicken Fasern erhebt sich die Kurve sehr allmählich zu ihrem zweiten Maximum zwischen den Querschnitten von 53,83 μ^2 und 64,0 μ^2 . Der Abfall von diesem Gipfel aus erfolgt rascher als der Anstieg; am Anfang ist die Linie konvex, am Schluß konkav. Links von der Mitte liegen 69,0 %, rechts 30,8 % der dicken Fasern. Ihre Erhebung ist also zugunsten der linken Seite ausgesprochen asymmetrisch.

Wählen wir die größeren Hauptklassenabstände (1,5–3–6 usw. μ^2) mit drei Zwischenklassen (Abb. 12), so läßt sich das unsichere Mittelgebiet weniger klar abgrenzen als auf der Abb. 11. Man könnte vier Klassen dazu nehmen, nämlich von 8,49 μ^2 bis 16,96 μ^2 , also ein Gebiet, das von denjenigen der Abb. 11 nicht wesentlich verschieden ist. Unter diesen Voraussetzungen sind die dünnen Fasern mit 62,36 %, die Mittelzone mit 8,17 % und die dicken Fasern mit 28,52 % der Gesamtzahl vertreten. Das sind alles Proportionen, die von denen der Abb. 11 nicht wesentlich abweichen.

Wir wollen aber auch hier die als solche sicher nicht signifikante Mittelzone zu gleichen Teilen den dünnen wie den dicken Fasern zurechnen. Dann entfallen auf die feinen Fasern 66,4 % und auf die dicken 32,6 %, also praktisch genau so viel wie in der Abb. 11.

Die Erhebung der feinen Fasern zeigt nur nach rechts einen deutlichen Knick, während sie links gleichmäßiger geworden ist. Sie umfaßt links vom Gipfel fünf, rechts sechs ganze und vier halbe Klassen. Der Gipfel besteht aus 21,07 % der dünnen Elemente; links von ihm liegen 23,48 % und rechts 55,37 %.

Wenn wir wiederum den Gipfel gleichmäßig verteilen, so liegen links 34,1 und rechts 65,9 %. Die Asymmetrie zugunsten der rechten Seite verstärkt sich also hochgradig, sobald wir die gröbere Abszisseinteilung wählen.

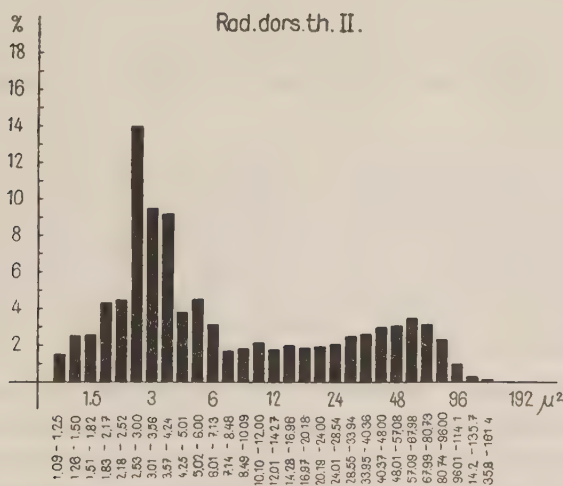


Abb. 12. *Radix dorsalis*. Hauptklassen 1,5–3–6 etc. μ^2 ; 3 Zwischenklassen.

Die durch die dicken Fasern bedingte Erhebung erstreckt sich links über acht, rechts über sechs Klassen, wenn wir das Maximum doppelt zählen. 72,9 % der Elemente entfallen auf die linke und 27,3 % auf die rechte Seite. Die Asymmetrie tritt also eher stärker hervor als in der Abb. 11.

Schließlich sind wir wie bei den ventralen Wurzeln dazu übergegangen, an die Stelle von dreien nur noch eine Zwischenklasse treten zu lassen (Abb. 13 und 14).

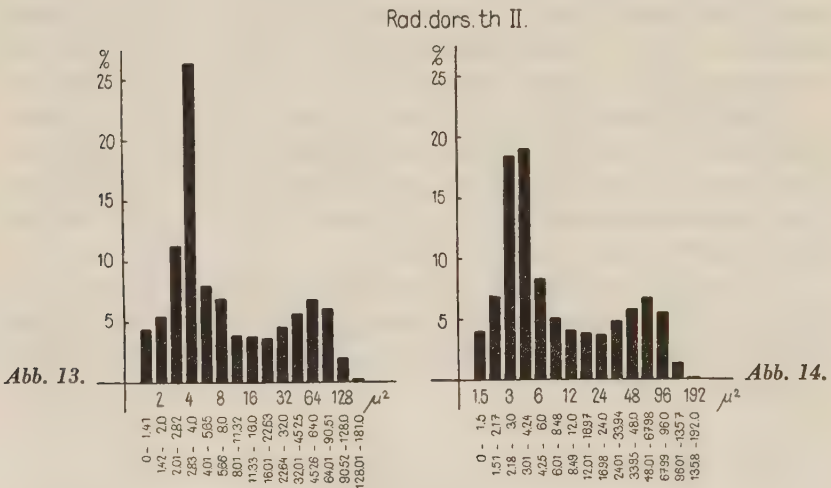


Abb. 13. *Radix dorsalis*. Hauptklassen 1–2–4–8 etc. μ^2 ; 1 Zwischenklasse.

Abb. 14. *Radix dorsalis*. Hauptklassen 1,5–3–6 etc. μ^2 ; 1 Zwischenklasse.

In der Abb. 13 kommt eine Zwischenzone in der Gestalt der Klasse 16 ($11,33 \mu^2$ bis $16,0 \mu^2$) vielleicht noch eben zum Ausdruck, aber sie wäre dann von links her eingeeengt und umfaßt nur noch 3,78 % der gesamten Fasern. Verteilen wir diese Zwischenzone gleichmäßig auf die beiden Erhebungen der Kurve, so ergeben sich 68,41 % dünne und 31,18 % dicke Fasern.

Der erste Gipfel umfaßt 38,29 % der dünnen Fasern; links von der Mitte liegen 50,43 % und rechts 49,56 %, also praktisch gleich viel. Damit ist die Symmetrie für die Verteilung der dünnen Fasern vollkommen geworden sowohl hinsichtlich der Klassenzahl als auch hinsichtlich der Frequenz.

Tabelle 10.

Rad. dors. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,01– 1,41	469	4,47
1,42– 2,00	579	5,50
2,01– 2,82	1194	11,33
2,83– 4,00	2779	26,40
4,01– 5,65	843	8,03
5,66– 8,00	733	6,96
8,01– 11,32	405	3,86
11,33– 16,00	397	3,78
16,01– 22,63	390	3,71
22,64– 32,00	506	4,80
32,01– 45,25	604	5,74
45,26– 64,00	725	6,88
64,01– 90,51	640	6,09
90,52–128,00	213	2,03
128,10–181,00	5	0,04

Tabelle 11.

Rad. dors. th. II.

Klassengrenzen μ^2	Frequenz	%
1,09– 1,50	434	4,13
1,51– 2,17	738	7,02
2,18– 3,00	1938	18,52
3,01– 4,24	2025	19,05
4,25– 6,00	893	8,49
6,01– 8,48	543	5,15
8,49– 12,00	441	4,20
12,01– 16,97	417	3,97
16,98– 24,00	415	3,95
24,01– 33,94	513	4,88
33,95– 48,00	616	5,86
48,01– 67,98	718	6,82
67,99– 96,00	597	5,68
96,01– 135,70	146	1,39
135,80– 192,00	4	0,031

In der Erhebung der dicken Fasern, die zwar recht allmählich ansteigt, aber rapid abfällt, liegen je drei Klassen links und rechts vom Maximum, wenn wir von ihrem Anteil absehen, der sicher in der Klasse 16, wahrscheinlich auch noch in der vorangehenden enthalten ist. Auf die linke Seite der Erhebung fallen 61,5 % der dicken Fasern, auf die rechte 37,2 %; ihre Asymmetrie geht daher bei dieser Darstellung im Vergleich mit der Abb. 12 deutlich zurück.

Wenden wir uns der letzten Kurve zu (Abb. 14), welche die Verhältnisse unter Annahme der größten Klassen darstellt, so stimmt sie in der Klassenzahl (15) mit der Abb. 13 überein. Die Mittelzone tritt noch weniger hervor und hat sich etwas nach rechts verschoben. Wir teilen sie wieder gleichmäßig unter die dünnen und die dicken Fasern auf. Danach entfallen auf die dünnen Fasern in siebeneinhalb Klassen 68,54 % und auf die dicken in ebensovielen Klassen 30,59 % der Gesamtzahl.

Unter den dünnen Fasern liegen 57,17 % links und 42,80 % rechts von ihrem Gipfel, für die dicken lauten die Zahlen 65,64 % resp. 34,35 %. Damit ist die Erhebung der dünnen Fasern zugunsten der linken Seite asymmetrisch geworden.

Vergleichung der Kurven unter sich.

Vergleichen wir die in den Abb. 11 bis 14 dargestellten Kurven unter sich, so ergibt sich für die dünnen Fasern eine zunehmende Stetigkeit der Erhebung mit zunehmendem Klassenumfang, während die Kurve im Bereich der dicken Fasern schon in der Abb. 11 keinen Sprung mehr aufweist. Dieses Verhalten deutet wohl wiederum an, daß bei der ventralen Wurzel eine gröbere Klassengliederung für die dünnen Fasern ein eindeutigeres Resultat ergibt, während die dicken Fasern die ausgiebige Gliederung der Abszisse recht wohl vertragen.

3. Vergleich der ventralen und der dorsalen Wurzel.

In der ventralen Wurzel gehören zwischen 76,0 % und 77,0 % aller Fasern zu den dünnen (im Mittel 76,5 %) und zwischen 23 % und 23,1 % zu den dicken (im Mittel 23,05 %). Demgegenüber lauten die entsprechenden Zahlen für die dorsale Wurzel 66,4 % bis 68,54 % (67,47 %) resp. 30,59 % bis 32,60 % (31,5 %). Die Verteilung der Fasern auf die linke bzw. die rechte Hälfte der entsprechenden Erhebung in der Kurve wechselt mit der Klassengliederung der Abszisse einigermmaßen. Das nähere geht aus den folgenden Tabellen hervor.

Die Symmetrie der Verteilung hängt also weitgehend von der Gliederung der Abszisse ab.

4. Die Indices.

Für alle Kurvengipfel, die wir bei geometrischer Gliederung der Abszisse erhielten, haben wir die in der Biometrik gebräuchlichsten Indices ausgerechnet, nämlich den Wölbungskoeffizienten β_2 , das Maß der Asymmetrie β_1 , die Schiefe der Verteilung a und die mittlere quadratische Abweichung σ . Das Verhältnis $\frac{a}{\sigma}$ ergab uns dann

	dünne Fasern		dicke Fasern	
	links	rechts	links	rechts
Abb. 5	35,1	64,1	68	32
Abb. 6	35,7	64,3	50	50
Abb. 7	41,0	59,0	57	42
Abb. 8	46,0	54,0	63	36

Ventrale Wurzel. Prozentuale Verteilung der Fasern links und rechts von den Gipfeln.

	dünne Fasern		dicke Fasern	
	links	rechts	links	rechts
Abb. 11	44	55	69	30
Abb. 12	34	65	72	27
Abb. 13	50	50	61	37
Abb. 14	57	42	65	34

Dorsale Wurzel. Prozentuale Verteilung der Fasern links und rechts von den Gipfeln.

die mehr oder weniger große Annäherung an die Normalverteilung. Um dieses Maß war es uns in erster Linie zu tun. Denn wenn eine Faserkategorie normal um ihren Gipfel verteilt ist, so entspricht sie einer einheitlichen Population, sozusagen einer „reinen Linie“, innerhalb welcher alle Schwankungen zufallsbedingt sind. Wir stellen diese Indices, für die ventrale und die dorsale Wurzel getrennt, in den beiden folgenden Tabellen zusammen (s. Tabellen 12 und 13).

Aus den Tabellen geht hervor, daß je nach der Gliederung der Abszisse das Verhältnis $\frac{a}{\sigma}$ gewissen Schwankungen unterworfen ist. Wesentlich scheint uns indessen, daß die Zahl für die dünnen Fasern in der ventralen Wurzel 0,3 und in der dorsalen 0,5 nicht überschreitet, soweit diese von der Indexberechnung erfaßt werden konnten. Damit ist die Annäherung an Null so groß, daß Normalverteilung angenommen werden darf. Für die dicken Fasern der ventralen Wurzel ist das Ergebnis etwas weniger eindeutig, indem daselbst $\frac{a}{\sigma}$ bis auf 2,2 ansteigt und nur für eine Kurve (Abb. 6) unter 1 liegt. In der dorsalen Wurzel sind auch die in die Indexbestimmung einbezogenen dicken Fasern normal verteilt.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, daß die Asymmetrie dann klein ist, wenn ihr Maß β_1 unter null liegt. Das trifft für die dünnen Fasern beider Wurzeln in hohem Maße zu, für die dicken haben sich Werte zwischen 0,5 und 1,4 ergeben, also immerhin nicht sehr weit über null liegende Beträge. Ist die Schiefe der Verteilung α kleiner als null, so bedeutet das, der Ort der größten Häufung liege nahe bei der Scheitelordinate. Unsere Werte schwanken für die dünnen Fasern beider Wurzeln zwischen 1,4 und 1,2, für die dicken zwischen 2,3 und 1,7.

Tabelle 12.

*Radix ventralis**dünne Fasern**dicke Fasern*

	Klassen	β_2	β_1	a	σ	$\frac{a}{\sigma}$	Klassen	β_2	β_1	a	σ	$\frac{a}{\sigma}$
Abb. 5	± 6	2,47	0,290	1,688	$\pm 2,830$	0,597	± 3	2,545	1,020	1,731	$\pm 1,478$	1,117
Abb. 6	± 6	2,36	0,073	0,878	$\pm 2,862$	0,307	± 4	2,930	0,533	1,501	$\pm 1,701$	0,882
Abb. 7	± 3	2,46	0,092	0,450	$\pm 1,525$	0,295	± 2	2,96	1,19	2,062	$\pm 0,927$	2,224
Abb. 5a	± 2	2,13	0,545	1,415	$\pm 1,212$	1,167	± 2	2,84	1,43	0,995	$\pm 0,963$	1,033
Abb. 8b	± 3	2,37	0,034	- 0,29	$\pm 1,547$	0,187	-	-	-	-	-	-

Tabelle 13.

*Radix dorsalis**dünne Fasern**dicke Fasern*

	Klassen	β_2	β_1	a	σ	$\frac{a}{\sigma}$	Klassen	β_2	β_1	a	σ	$\frac{a}{\sigma}$
Abb. 11	± 6	2,89	0,026	0,209	$\pm 2,637$	0,079	± 5	2,247	0,913	2,373	$\pm 2,616$	0,907
Abb. 12	± 5	2,575	0,227	1,294	$\pm 2,447$	0,521	± 5	2,273	1,179	1,771	$\pm 2,604$	0,684
Abb. 13	± 3	2,86	0,0014	0,031	$\pm 1,471$	0,021	± 3	2,340	1,100	1,13	$\pm 1,577$	0,717
Abb. 14	± 3	2,63	0,0103	0,1047	$\pm 1,503$	0,069	± 3	2,36	1,341	0,94	$\pm 1,592$	0,590

Erschwerend für die Beurteilung ist die schon anlässlich der Beschreibung erwähnte Spiegelbildlichkeit unserer beiden Kurven. Denn wir müssen zur Berechnung der Indices rechts und links vom Gipfel gleich viele Klassen heranziehen. Damit bleiben zwischen den beiden Gipfeln gewisse Klassen unberücksichtigt. Um diesen Mangel näher zu beleuchten, haben wir getrennt für die ventrale und die dorsale Wurzel die Zahl der nicht erfaßten Klassen, die in sie hineinfallenden Querschnittsgrößen sowie ihre absolute und ihre prozentuale Frequenz in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt.

Abb.	Klassen	μ^2	Frequenz	%
5	9	9,25 bis 45,25	918	14,9
6	8	10,10 bis 40,36	835	13,5
7	3	11,33 bis 32,00	620	10,0
8	4	8,49 bis 33,94	880	14,3

Von der Indexberechnung nicht erfaßte Fasern der ventralen Wurzel.

Abb.	Klassen	μ^2	Frequenz	%
11	5	9,52 bis 22,63	1034	9,8
12	7	7,14 bis 24,00	1471	14,0
13	1	11,33 bis 16,00	397	3,8
14	1	12,01 bis 16,97	417	4,0

Von der Indexberechnung nicht erfaßte Fasern der dorsalen Wurzel.

Bei der ventralen Wurzel mußten 10,0 bis 14,9 % der Fasern unberücksichtigt bleiben, und bei der dorsalen schwankt die Zahl zwischen 3,8 und 14,0 %. Wir haben diese Zahlen mit den Werten für $\frac{\sigma}{a}$ verglichen (Tabellen 12 und 13), konnten aber keine Beziehungen feststellen. Daraus glauben wir den Schluß ziehen zu dürfen, daß der Mittelteil beider Kurven ohne maßgebenden Einfluß auf die Indices geblieben ist.

III. Diskussion.

Die Vermessung sämtlicher Fasern in beiden Wurzeln eines zweiten Thorakalnerven vom Menschen bestätigt die längst bekannte

Tatsache, daß der Flächeninhalt der einzelnen Faserquerschnitte innerhalb weiter Grenzen schwankt. Um über die prozentuale Frequenz der verschiedenen Querschnittsgrößen Aufschluß zu erhalten, wurden die festgestellten Maße in Klassen zusammengefaßt, die zueinander in einem geometrischen Verhältnis stehen. Da diese Klassen nichts im Objekt selbst Gegebenes darstellen, wurden sie ziemlich ausgiebig in ihrem Umfange variiert, d. h. die Darstellung erfolgte unter Zugrundelegung sowohl kleinerer als auch größerer Klassenumfänge. Für jede Klasse wurde zuerst die absolute und dann auf Grund derselben die prozentuale Frequenz bestimmt, und die so gewonnenen Zahlen wurden in Tabellen zusammengestellt. Auf Grund dieser Tabellen erfolgte die graphische Darstellung. Auf der geometrisch gegliederten Abszisse wurden die Klassen, und auf der arithmetisch gegliederten Ordinate wurden die prozentualen Frequenzen aufgetragen.

Aus den Tabellen und aus den Kurven geht eindeutig hervor, daß beide Wurzeln je eine starke Häufung im Bereiche der dünnen und eine zweite im Bereiche der dicken Fasern aufweisen. Die Indexberechnung stellt für alle vier Gipfel eine Verteilung der Elemente fest, die der normalen recht nahe kommt. Das bedeutet, daß jede der vier Erhebungen durch eine hinsichtlich ihrer Querschnittsgrößen einheitliche Faserkategorie bedingt ist, und daß die Unterschiede der Faserquerschnitte innerhalb der einzelnen Erhebungen zufallsbedingt sind.

Wenn man bei der Feststellung der Indices gleich viele Klassen rechts und links von den Gipfeln berücksichtigt, so bleibt zwischen den beiden Erhebungen beider Wurzeln ein Gebiet unerfaßt, das je nach der Klassengliederung der Abszisse bei der ventralen Wurzel zwischen 10 und 14,9 %, bei der dorsalen zwischen 3,8 und 14 % aller Fasern in sich schließt. Dieses Zwischengebiet bedingt eine gewisse Unübersichtlichkeit. Offenbar überschneiden sich die beiden Kurventeile in seinem Bereich; seine Anwesenheit spricht aber auch dafür, daß sich das Gebiet der dünnen Fasern etwas weiter nach rechts als nach links vom Gipfel ausdehnt, und daß sich die dicken Fasern umgekehrt verhalten. Diese Eigentümlichkeit ist um so auffallender, als sie für beide Wurzeln zutrifft.

Die Interpretation des gesamten Befundes, wie er an beiden Wurzeln erhoben wurde, halten wir für schwierig und unsicher. Hätten wir unsere Feststellung zweier Faserkategorien nur an der ventralen Wurzel erhoben, so wären wir nicht überrascht gewesen.

Wir hätten in den dünnen Elementen die präganglionär-sympathischen und in den dicken die myomotorischen Fasern erblickt. Daß sich aber die dorsale Wurzel hinsichtlich der Faserdicken so ähnlich verhält wie die ventrale, ist für uns unerwartet und rätselhaft.

Über den Faserbestand der hinteren Wurzel sind die Ansichten geteilt. Ihre sensiblen Elemente werden unseres Wissens von keinem Autor geleugnet; für Neuriten, die verschiedenen Sinnesqualitäten zugeordnet sind, werden sogar Unterschiede in der Dicke vermutet. Aber neben den sensiblen nehmen *Ken Kuré* und seine Schule effereute spinal-parasympathische Fasern an, die Vasodilatoren sein sollen. Andere Autoren glauben, ein Teil der im Nucleus intermediolateralis entspringenden präganglionären Sympathicusfasern erreiche die Spinalnervenstämme über die dorsale Wurzel. Wieder andere nehmen Neuriten an, die in den Hintersäulen des Rückenmarks entspringen, durch die dorsalen Wurzeln austreten und an Spinalganglienzellen enden. *De Regt* hält die 1300 Fasern, die er im Spinalganglion entspringen läßt (Seite 52) für solche, die keinen Fortsatz in die dorsale Wurzel entsenden.

Diesem Überangebot von Lehrmeinungen vermögen wir hinsichtlich der Faserdicke nur zwei Kategorien gegenüberzustellen. Die einzige Vorstellung, mit der sich unser Befund anscheinend vereinbaren läßt, ist die Lehre *Ken Kurés* vom spinalen Parasympathicus, aber diese wird durchaus nicht allgemein anerkannt. Die dorsale Wurzel stellt uns also vor größere Schwierigkeiten als das die ventrale zu tun scheint.

Wenn wir auch nicht in der Lage sind, eine physiologische Deutung unseres Befundes zu geben, so wird ihn die experimentelle Neurologie immerhin berücksichtigen müssen, wenn sie ihre Akten revidiert und neue Versuche anstellt. Wenn der Faserdicke überhaupt eine funktionelle Bedeutung zukommt, so sind zwei Dinge nicht gleichgültig: erstens die nahezu vollkommene Übereinstimmung beider Wurzeln hinsichtlich der Frequenz dünner und dicker Fasern und zweitens die Normalverteilung sowohl der dünnen als auch der dicken Fasern in beiden Wurzeln. Selbst dann wäre unsere Arbeit nicht vergeblich gewesen, wenn sich herausstellen sollte, daß die Faserdicke funktionell bedeutungslos ist; nach den Werten, die wir für $\frac{a}{\sigma}$ erhalten haben, scheint sie wenigstens innerhalb gewisser Bereiche bedeutungslos zu sein.

Bevor bindende Aussagen über den Faserbestand namentlich der dorsalen Wurzeln und über die Bedeutung der Faserdicke erlaubt sind, werden noch zahlreiche Fragen zu beantworten sein. In erster Linie ist es wünschenswert, daß die hier vorgelegte Untersuchung auch an anderen, womöglich an allen Spinalnerven durchgeführt wird. Die Zukunft wird sich aber neuerdings zählend und messend – und auch zytologisch! – dem Spinalganglion zuwenden müssen, und die hintere Wurzel sollte gleichzeitig auch distal von diesem untersucht werden. Abgesehen von diesen Aufgaben sollte das Problem der Faserdicke als solches weiterhin Bearbeitung finden. Ob und gegebenenfalls wo und in welchem Umfange sich die Dicke einer Faser in ihrem Verlaufe ändert, weiß man nicht genau. Den Lücken in unseren Kenntnissen entsprechend wird die Faserdicke ganz verschieden beurteilt. Sie wird bald mit der physiologischen Dignität, bald mit der Leitungsgeschwindigkeit, bald aber auch mit der Länge, mit dem phylogenetischen Alter einer Bahn oder mit dem Beginn bzw. der Dauer der Markscheidenbildung oder sogar mit mehreren dieser Faktoren in Beziehung gebracht. Ist die deskriptiv-morphologische Seite des Problems „Faserdicke“ einmal nach allen Seiten abgeklärt, so wird damit aller Voraussicht nach der experimentellen Forschung ein wesentlicher Dienst geleistet sein.

Zusammenfassung.

Von sämtlichen markhaltigen Fasern beider Wurzeln des linken zweiten Thorakalnerven eines 22jährigen Mannes ohne pathologischen Autopsiebefund wurden die Flächeninhalte der Querschnitte bestimmt. Die gewonnenen Resultate an 6128 Fasern der ventralen und 10 499 der dorsalen Wurzel wurden zu Klassen zusammengefaßt, die sich zueinander verhalten wie 1 : 2 : 4 : 8 etc. Diese wurden auf den logarithmisch gegliederten Abscissen von Koordinatensystemen aufgetragen, auf den Ordinaten ihre prozentuale Frequenz. In den so gewonnenen Kurven erheben sich je zwei Gipfel, einer im Bereiche der dünnen, der andere im Bereiche der dicken Fasern. Rechts und links von diesen Gipfeln entsprechen die Kurven in hohem Maße einer Normalverteilung. Daraus folgt, daß auf Grund des einzigen Kriteriums „Querschnittsgröße“ sowohl in der ventralen als in der dorsalen Wurzel zwei Faserkategorien unterschieden werden können.

Summary.

The superficial areas of crosssections of all myelinated fibres of both roots of the left second thoracic nerve were measured in a 22 years old man who showed no pathological changes post mortem. The results obtained from 6128 fibres of the ventral root and from 10 499 fibres of the dorsal root were combined in classes which are related to each other like 1 : 2 : 4 : 8. The classes were marked on the absciss of a coordinate system with logarithmic subdivisions; the percentual frequency was marked on the ordinates. The curves show two elevations, one in the area of the thin fibres, the other in that of the thick fibres. On either side of the elevations the curves indicate a normal distribution. It follows that two groups of fibres must be distinguished in both the ventral and the dorsal roots when the size of crosssection is taken as the only criterion.

Résumé.

L'auteur a mesuré, sur les deux racines du deuxième nerf thoracique gauche d'un sujet masculin de vingt-deux ans dont l'autopsie n'a révélé aucune altération pathologique, la surface des coupes transversales de toutes les fibres à myéline. Les chiffres obtenus sur 6128 fibres de la racine ventrale et sur 10499 fibres de la racine dorsale furent groupées en classes qui se comportent entre elles comme 1 : 2 : 4 : 8 etc. Ces classes furent rapportées sur l'abscisse, à division logarithmique, de systèmes de coordonnées, tandis que leur fréquence en pourcents du total fut inscrite sur l'ordonnée. Les courbes des deux racines présentent chacune deux sommets, l'un dans les fibres grêles et l'autre dans les fibres épaisses. A droite et à gauche de ces sommets, les courbes correspondent remarquablement à une répartition binominale. L'auteur en conclut que, partant de l'argument unique „surface de section“, il y a deux catégories de fibres aussi bien dans la racine ventrale que dans la racine dorsale.

LITERATUR.

Agduhr, E.: Z. Anat. u. Entwgesch. 102, 194, 1933. — *Arnell, N.*: Uppsala Läk.-för. Förh. 39, 97, 1933. — *Bethe und Bergmann*: Handb. d. norm. u. path. Physiol. 12, 1572, Berlin 1931. — *Björkman, A. und G. Wohlfart*: Z. mikr.-anat. Forsch. 39, 631, 1936. — *Bors, E.*: Anat. Anz. 60, 415, 1925. — *Häggqvist, G.*: Z. mikr.-anat. Forsch. 39, 1, 1936; Anat. Anz. 96, 398, 1947/48. — *Henle, J.*: Handb. d. Nervenlehre d. Menschen, in Handb. d. systemat. Anat. d. Menschen Bd. 3, 2. Abt., 2, Braunschweig 1871. — *Hintzsche, E.*: Z. mikr.-anat. Forsch. 39, 45, 1936; Schweiz.

Z. Volkswirtsch. u. Statistik 82, 433, 1946; Mittlg. d. Naturforsch. Gesellsch. Bern, N.F. 4, 19, 1946; Experientia 1, 103, 1945. – Hintzsche, E. und E. Tanner: Z. mikr.-anat. Forsch. 42, 165, 1937. – Jacobj, W.: Roux' Arch. Entwicklungsmech. 106, 124, 1925. – Kiss, F. und P. v. Mihálik: Z. Anat. u. Entwgesch. 88, 112, 1929. – Koelliker, A.: Mikrosk. Anatomie oder Gewebelehre d. Menschen Bd. 2, 503, Leipzig 1850. – Kuré, K.: Über d. Spinalparasymphaticus, Basel 1931. – Langley, J. N.: J. Physiol. 56, 382, 1922. – Reißner, E.: Arch. f. Anat. 1862, p. 125. – de Regt, J.: Comm. prés. aux 3^{mes} journées cyto-embryologiques belgo-néerlandaises, Gand 1949. – Redex, B. und A. Swensson: Z. mikr.-anat. Forsch. 49, 359, 1941. – Szentágothai-Schimert, J.: Z. Anat. u. Entwgesch. 111, 201, 1941. – Schwalbe, G.: Über d. Kaliberverhältn. d. Nervenfasern, Leipzig 1882. – Siemerling: Anat. Untersuch. über d. menschl. Rückenmarkswurzeln, Berlin 1887. – Swensson, A.: Z. mikr.-anat. Forsch. 44, 187, 1938; 50, 190, 1941; Acta Anat. 6, 145, 1948. – Villiger, E. und E. Ludwig: Gehirn und Rückenmark, 14. Aufl., Basel 1946.

Eingegangen 15. Juli 1950.

Curriculum vitae.

Am 13. Januar 1919 wurde ich als Sohn des Herrn Meng-Chi-Hjiang in An-Hwei, China, geboren. Die Primarschule besuchte ich in An-Hwei. 1939 Maturität in Chungking. Im gleichen Jahre Immatrikulation an der Medizinischen Fakultät der Staatlichen Tung-Chi Universität, Chungking, wo ich 1944 das Staatsexamen bestand. Anschließend war ich als Assistent an der Anatomischen Anstalt derselben Universität tätig. Anfangs September 1948 gab ich diese Stellung wegen meiner weitem Ausbildung in der Schweiz auf. Seit Oktober 1948 bin ich als Volontärassistent unter Herrn Prof. Dr. E. Ludwig an der Anatomischen Anstalt der Universität Basel tätig.

.

